

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication No.:	10-500628
(43) Date of Publication of Application:	20.01.1998
(21) Application No.:	07-521854
(22) Date of Filing:	09.02.1995
(86) PCT Application No.:	PCT/US95/01731 (09.02.1995)
(87) PCT Publication No.:	WO 95/22429 (24.08.1995)
(30) Priority No.:	08/199,389 (18.02.1994) US
(71) Applicant:	New Wave Research (Sunnyvale, CA, US)
(72) Inventor(s):	Leong, Tony P. (San Jose, CA, US) North, Edward S. (Los Altos, CA, US)
(51) Int' Cl.:	B23K 26/00 26/06 G01R 31/00 31/28 H01L 21/66

(54) MULTI-WAVELENGTH LASER OPTIC SYSTEM FOR PROBE STATION AND LASER CUTTING

(57) Abstract:

A probe station which includes a base machine (10), a probe platen (17) mounted on the base machine (10), and a single passive air cooled Nd:YAG laser (100), mounted with a microscope (22). The single laser supplies an output beam to a first non-linear crystal (106) for generating the second harmonic of the fundamental output wavelength. A mirror (107) then directs the beam at a 90 degree angle through a polarizer (108) to repolarize the fundamental wavelength. The beam then passes to a second non-linear crystal (109) for generating the third and fourth harmonic of the fundamental wavelength. A reflecting mirror (111) then directs the beam to a variable attenuator (112) to select the appropriate output wavelength in the infrared (1064 nm), in the green (532 nm), or in the ultraviolet (355 or 266 nm).

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	
B 2 3 K 26/00		7820-4E	B 2 3 K 26/00	P
26/06		7820-4E	26/06	C
G 0 1 R 31/00		9307-2G	G 0 1 R 31/00	
31/28		9448-4M	H 0 1 L 21/66	B
H 0 1 L 21/66		8102-2K	H 0 1 S 3/00	B
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 34 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-521854
 (86) (22) 出願日 平成7年(1995) 2月9日
 (85) 翻訳文提出日 平成8年(1996) 8月14日
 (86) 国際出願番号 PCT/US 95/01731
 (87) 国際公開番号 WO 95/22429
 (87) 国際公開日 平成7年(1995) 8月24日
 (31) 優先権主張番号 08/199, 389
 (32) 優先日 1994年2月18日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), CA, JP, US

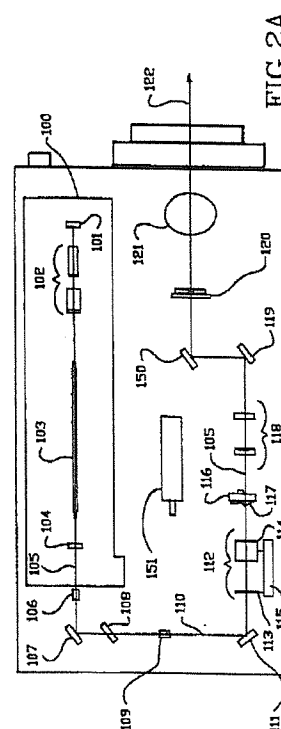
(71) 出願人 ニュー ウェーブ リサーチ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 94086 サニーヴェイル マーキュリー
 ドライヴ 495
 (72) 発明者 リーオン トニー ビー
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 95127 サン ホセ ラムスタッド ドラ
 イヴ 3476
 (72) 発明者 ノース エドワード エス
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州
 94024 ロス アルトス シンシア ウェ
 イ 2066
 (74) 代理人 弁理士 中村 稔 (外7名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロープステーションおよびレーザ切断のための多波長レーザ光学システム

(57) 【要約】

ベース機械 (10) と、このベース機械 (10) にマウントされたプロープテーブル (17) と、顕微鏡 (22) とともにマウントされた単一の受動空冷 Nd:YAG レーザ (100) とを含むプロープステーション。単一のレーザは、基本出力波長の二次高調波を発生するための第一の非線形結晶 (106) に出力ビームを供給する。次いで、反射鏡 (107) により、ビームは 90° の角度で、基本波長を再偏光させる偏光器 (108) に通される。次に、反射鏡 (111) によって、ビームは可変減衰器 (112) に向けられ、赤外線 (1064nm)、緑色 (532nm) または紫外 (355 または 266nm) の適切な出力波長が選択される。



【特許請求の範囲】

1. プローブステーションシステムであって：

ベースと；

分析または試験すべき装置を保持するために、前記ベースにマウントされたチャックと；

前記装置のためのプローブをマウントするために、前記ベースにマウントされたプローブテーブルと；

前記ベースにマウントされ、前記チャック上に保持された試験すべき装置の上に視野を有する顕微鏡と；

前記顕微鏡と共にマウントされ、ビームライン上の顕微鏡光学系を通して出力ビームを前記顕微鏡の視野へ供給するレーザであって、複数の波長で前記ビームライン上に選択的に出力ビームを発生する光学系を含んでいるレーザとを具備し、

前記顕微鏡が前記複数の波長に対して透明な光学系を含み、さらに、前記複数の波長が、出力ビームのための三つ以上の選択可能な波長を含んでいるシステム。

2. 前記レーザが、固体レーザと、該固体レーザに結合された高調波発生器と、出力ビームの波長を選択するための切替可能な光学系とを具備している請求の範囲第1項または第11項に記載のシステム。

3. さらに、複数の波長のための可変減衰器を備えている請求の範囲第1項または第11項に記載のシステム。

4. 前記レーザが、

ビーム経路に沿って基本波長のビームを発生する固体レーザと；

前記基本波長の複数の高調波を発生するビーム経路内の一以上の非線形光学系と；

前記複数の波長のためのビーム経路内の可変減衰器と；

前記複数の高調波および前記基本波長の中から、前記出力ビームの波長を選択する切替可能な光学系とを具備した請求の範囲第1項または第11項に記載の

システム。

5. 前記非線形光学系が、前記複数の波長の少なくとも一つのウオークオフを生じさせ、さらに、ビーム経路内に、複数の波長のそれぞれが、選択されたときに、ビームライン上に供給されるように、ウオークオフを補償する光学系を備えた請求の範囲第5項に記載のシステム。

6. 前記レーザが、

ビーム経路に沿って基本波長のビームを発生する固体レーザと；

前記基本波長の複数の高調波を発生するビーム経路内の一以上の非線形光学系と；

ビーム経路内の前記複数の波長のための可変減衰器と；

前記複数の高調波の中から、前記出力ビームの波長を選択する切替可能な光学系とを具備した請求の範囲第1項または第11項に記載のシステム。

7. 前記非線形光学系が、前記複数の高調波の少なくとも一つのウオークオフを生じ、さらに、ビーム経路内に、複数の波長のそれぞれが選択されたときに、ビームライン上に供給されるように、ウオークオフを補償する光学系を備えた請求の範囲第6項に記載のシステム。

8. 前記レーザが、受動的に空冷される固体レーザを備えた請求の範囲第1項、第11項または第12項に記載のシステム。

9. 前記レーザが、受動的に空冷され、電子-光学的にQスイッチされるNd:YAGレーザを備えた請求の範囲第1項、第11項または第12項に記載のシステム。

10. 前記複数の波長が、赤外領域の少なくとも一つの波長、可視領域の少なくとも一つの波長、および紫外領域の少なくとも一つの波長が含まれている請求の範囲第1項、第11項または第12項に記載のシステム。

11. プローブステーションシステムであって：

ベースと；

対象を保持するために、前記ベースにマウントされたステージと；

前記対象のためのプローブをマウントするために、前記ベースにマウントされたプローブテーブルと；

前記ベースにマウントされ、前記ステージ上に保持された対象の上に視野を有する顕微鏡と；

前記顕微鏡と共にマウントされ、ビームライン上の顕微鏡光学系を通して出力ビームを前記顕微鏡の視野へ供給するレーザであって、複数の波長で前記ビームライン上に選択的に出力ビームを発生する光学系を含んでいるレーザとを具備し、

前記顕微鏡が、前記複数の波長において透明な光学系を含み、前記複数の波長が、出力ビームのための三以上の選択可能な波長を含んだシステム。

12. 制御可能な減衰を伴う複数の波長を単一のビームラインに沿って供給するためのレーザシステムであって；

ビーム経路に沿って基本波長のビームを発生する固体レーザと；

ビーム経路内の一以上の非線形光学系であって、前記基本波長の複数の高調波を発生する非線形光学系と；

ビーム経路内の前記複数の波長のための可変減衰器と；

前記出力ビームの波長を選択する切替可能な光学系とを具備したシステム。

13. 前記切替可能な光学系が、前記複数の高調波および基本波長の中から出力波長を選択し、前記一以上の非線形光学系が、前記複数の波長のうちの一つのウォークオフを生じさせ、さらに、前記ビームラインの中に、選択されたとき、前記複数の波長のそれぞれがビームラインに供給されるように、前記ウォークオフを補償するための手段を備えた請求の範囲第12項に記載のレーザシステム。

14. 前記切替可能な光学系が、複数の高調波の中から出力ビームの波長を選択するように構成された請求の範囲第13項に記載のレーザシステム。

15. 前記切替可能な光学系が、前記複数の高調波および基本波長の中から出力ビームの波長を選択し、前記一以上の非線形光学系が、前記複数の波長のうち少なくとも一つのウォークオフを生じさせ、さらに、前記ビームラインの中に、選択されたとき、前記複数の波長のそれぞれがビームラインに供給されるように、前記ウォークオフを補償するための手段を備えた請求の範囲第12項に記載のレーザシステム。

16. 前記切替可能な光学系が、複数のフィルタと、これら複数のフィルタのうち選択された一つのフィルタをビーム経路内に切り替える機構を備えた請求の範囲第 12 項または第 25 項に記載のレーザシステム。
17. 前記切替可能な光学系が、複数のフィルタと、これら複数のフィルタのうちの選択された一つをビーム経路内に切り替えて、前記複数の高調波および基本波長の中から出力波長を選択するための機構を備え、前記一以上の非線形光学系が、前記複数の波長のうち少なくとも特定の一つのウオークオフを生じさせ、さらに、前記複数のフィルタの一つが、前記複数の波長のうち少なくとも特定の一つの波長を選択し、該一つのフィルタが、前記ウオークオフを補償するように前記ビーム経路に対して所定の角度でマウントされている請求の範囲 12 項に記載のレーザシステムシステム。
18. 前記可変減衰器が、
少なくとも一つの高調波および基本波長に向けられた、ビーム経路内の半波長プレートと、
偏光器と、
前記波プレートおよび偏光器の相対的角度位置を制御して、前記複数の波長を減衰する機構とを備えた請求の範囲第 12 項に記載のレーザシステム。
19. 前記複数の波長が、基本波長、基本波長の二次高調波および基本波長の三次高調波が含まれている請求の範囲第 18 項または第 25 項に記載のレーザシステム。
20. 前記複数の波長が、基本波長、基本波長の二次高調波および基本波長の四次高調波が含まれている請求の範囲第 18 項に記載のレーザシステム。
21. 前記可変減衰器が、
複数の高調波に向けられた、ビーム経路内の半波長プレートと、
偏光器と、
前記波プレートおよび偏光器の相対的角度位置を制御して、前記複数の高調波を減衰する機構とを備えた請求の範囲第 12 項に記載のレーザシステム。
22. 前記複数の波長が、基本波長の二次高調波および基本波長の三次高調波を含んでいる請求の範囲第 21 項に記載のレーザシステム。

23. 前記複数の波長が、基本波長の二次高調波および基本波長の四次高調波を含んでいる請求の範囲第 21 項に記載のレーザシステム。
24. 前記複数の波長が、赤外領域の基本波長、可視領域の二次高調波ならびに紫外三次高調波および紫外四次高調波のうちの少なくとも一つを含んでいる請求の範囲第 12 または 25 項に記載のレーザシステム。
25. 制御可能な減衰を伴う複数の波長を、単一のビームラインに沿って供給するためのレーザシステムであって、
- ビーム経路に沿って、基本波長のビームを発生する固体レーザと；
 - ビーム経路内の前記基本波長の少なくとも一つの高調波を発生する一以上の非線形光学系であって、前記複数の波長のうち少なくとも一つの特定期波長のウォークオフを生じさせる非線形光学系と；
 - 複数の波長のそれぞれが、選択されたときにビームライン上に供給されるようにウォークオフを補償する手段と；
 - 前記出力ビームの波長を選択する切替可能な光学系とを具備したシステム。
26. 制御可能な減衰を伴う複数の波長を、単一のビームラインに沿って供給するためのレーザシステムであって、
- 基本波長のビームをビーム経路に沿って発生し、受動的に空冷され、電子-光学的に Q スイッチされる Nd : YAG レーザと、
 - ビーム経路内の基本波長の二次高調波を発生するための第一の非線形結晶と、
 - 基本波長の三次または四次高調波の少なくとも一つを発生するための、ビーム経路内の第二の非線形結晶と、
 - 基本波長、二次高調波ならびに三次および四次高調波の少なくとも一つのためのビーム経路内の可変減衰器と、
 - 基本波長、二次高調波ならびに三次および四次高調波の少なくとも一つの中から、出力ビームの波長を選択するための切替可能な光学系とを具備したシステム。
27. 前記加減減衰器が、
- 基本波長、二次高調波ならびに三次および四次高調波の少なくとも一つに向

けられるビームライン中の半波プレートと、

偏光器と、

前記半波プレートおよび偏光器の相対的な角度位置を制御して、基本波長、二次高調波ならびに三次および四次高調波の少なくとも一つを減衰する機構とを具備した請求の範囲第 2 6 項に記載のレーザシステム。

28. 前記切替え可能な光学系が、複数のフィルタと、複数のフィルタの内の選択された一つをビーム経路の中に切り替えるための機構とを備えている請求の範囲第 2 6 項に記載のレーザシステム。

29. 前記切替可能な光学系が、複数のフィルタおよび該複数のフィルタの選択された一つをビーム経路の中に切り替えて出力波長を選択するための機構を備え、第一および第二の非線形結晶によって複数の波長の少なくとも特定波長のウオークオフを生じさせ、さらに、前記複数のフィルタの特定のものは特定波長を選択し、この特定のフィルタはウオークオフを補償するためにビーム経路に対して所定の角度でマウントされる請求の範囲第 2 6 項に記載のレーザシステム。

30. 第一および第二の非線形結晶の少なくとも一つが、複数の波長のうち少なくとも特定波長のウオークオフを生じさせ、またビームライン中に該ウオークオフを補償する光学系をさらに含んだ請求の範囲第 2 6 項に記載のレーザシステム。

31. 前記切替可能な光学系が、複数のフィルタと、該複数のフィルタの選択された一つをビーム経路の中に切り替えるための機構とを備え、前記ウオークオフを補償する前記光学系が、複数のフィルタのうちの、特定波長を選択する特定のもののフィルタである請求の範囲第 2 6 項に記載のレーザシステム。

【発明の詳細な説明】

プローブステーションおよびレーザ切断のための
多波長レーザ光学システム

〔発明の背景〕

発明の分野

本発明は、半導体の製造および試験などに用いられる分析プローブステーション、プローブステーションとともに、または、単独で用いられるレーザ切断機に関し、またかかる環境での使用に適した多波長レーザシステムに関するものである。

関連技術の説明

分析プローブステーションは、半導体製造施設および設計施設において広範に使用されている。設計技術者または欠陥分析者は、回路の欠陥を取り除かなければならないときに、分析プローブステーションを利用して行う場合が最も多い。典型的には、プローブステーションには、プローブを装着するためのテーブルを備えたベース機械と、該テーブル上での位置決めを行うためのプローブと、半導体またはプローブステーションの他の客体をマウントする一つまたは複数のチャックと、顕微鏡を支持するための顕微鏡ブリッジと、該顕微鏡ブリッジ上にマウントされた顕微鏡とが含まれている。該プローブには、集積回路における種々の位置で信号をチェックし、測定を行うための顕微鏡プローブ針が含まれている。顕微鏡はプローブすべき客体の上に視野を有しているので、科学者または技術者は、半導体装置または他の部品を直接的に観察しながら、プローブすることができる。代表的なシステムは、ベルモント州ウォーターベリーセンター(Waterbury Center, Vermont)のカールスス社(Karl SUS)が製造しているSUS PM 5実験室プローバである。この実験室プローバは、典型的には種々の顕微鏡と共に入手可能であり、この顕微鏡には、比較的低倍率の立体顕微鏡から非常に高倍率のプロービング顕微鏡までが含まれる。

かかるプローブステーションは集積回路あるいは液晶表示(LCD)パネルなどの他の装置の分析に頻繁に用いられるが、これらの装置は複数の材料層を具備して

いる。例えば集積回路は、半導体上に設けられた一以上の多結晶シリコン層、一以上の酸化物または絶縁層、および一以上の金属層によって形成される。

集積回路をプローブできるようにするためには、保護パッシベーション層を除去しなければならない。これは、超音波切断機、頑丈なプローブチップ（引き搔いて穴をあける）、プラズマエッチングまたはケミカルエッチング、収束イオンビームシステム、またはレーザシステムを用いて行なえばよい。レーザを顕微鏡を通してパルス状に発射することにより、パッシベーション材料を除去して、技術者が回路をプローブするのを可能にすることができる。また、回路線を切断して、回路を分離または変更するためにレーザを用いてもよい。

同様に、大規模ＬＣＤの製造プロセスにおいても、種々の位置で短絡を生じることがある。大規模ＬＣＤは高価であるから、これらの短絡部を修復するのが経済的である。短絡原因である材料を蒸発させるのに十分なエネルギー密度を短絡部に集中させて、短絡部を除去するためにレーザが用いられる。ＬＣＤでは、ＬＣＤ画面上の透明な導電線を形成するために、典型的には、インジウム錫酸化物（ＩＴＯ）が用いられている。また、境界部分では、導電性バスとしてクロムも用いられている。カラーＬＣＤでは、カラーフィルタが用いられている。カラーフィルタ材料も製造欠陥を有することがあるが、この欠陥も修復することができる。ＩＴＯの短絡、クロムの短絡、および種々のカラーフィルタの短絡は、レーザを用いて修復すればよい。

従って、従来技術の幾つかのプローブステーションは、レーザと結合されている。従来技術における一つの典型的なシステムは、キセノンレーザ切断機（モデル番号SUSS XLC）として知られている。このシステムはパルス状のキセノンレーザ源を利用しており、該レーザ源は、高倍率の顕微鏡に結合された特別な光学系を通して試験すべき部品に向けられる。このシステムの主要な波長は緑色光領域にあるから、顕微鏡光学系を容易に通過する。この単一波長のシステムは非常に複雑である。キセノンレーザの出力が顕微鏡光学系を通して照射されるように、キセノンレーザは顕微鏡と共に装着されなければならない。既に非常に多くの装置類が含まれているプローブステーションの環境において、更にレーザシステムを追加すれば、当該ステーションは極めて大きくなり、且つもっと複雑になっ

てしまう。加えて、このようなレーザシステムの費用は極めて高価である。

単一波長を発生するプローブステーション用レーザ切断システムの一つの限界は、或る種の材料層を切除するためには適切でないということである。例えば半導体は、典型的にはシリコンウエハー上に蒸着されたアルミニウム配線を有している。層間誘電体層によって分離された一、二、三、または四層の金属配線が存在することもあり得る。この全体の半導体装置は、回路を保護するために、非導電性のパッシベーション材料で被覆される。金属配線は典型的にはアルミニウムであるが、金またはチタンタングステンを用いてもよい。パッシベーション材料は、典型的には二酸化シリコン、窒化シリコンおよびポリイミドである。

半導体欠陥分析市場において、最も普遍的な波長は緑色領域である。殆どの金属は緑色のレーザエネルギーを良く吸収し、通常は1回のパルスで極めて容易に切断する。この緑色の波長は、キセノンレーザまたは周波数2倍のNd:YAG系で発生させればよい。殆どのパッシベーション材料は、緑色レーザエネルギーに対してと同様に、可視光に対しても透明である。緑色エネルギーを吸収しないパッシベーション材料を除去するためには、下地金属を、パッシベーション材料を「破裂させる」ような温度にまで加熱させなければならない。これは通常、レーザパルスが当たったときに下地金属が蒸発しないほど十分な質量を有しているときに達成される。金属配線が小さいときや、最上層の金属層の下にある金属層にアクセスしようとするとき、または下地材料がシリコンまたは多結晶シリコンであるときには、窒化物およびポリイミドのような一定のパッシベーション材料を除去するのは非常に困難になる。

一定のパッシベーション材料、とくに窒化物およびポリイミドは、紫外線エネルギーを用いて直接除去することができる。これらの材料はUVエネルギーを直接吸収し、多重低エネルギーUVレーザパルスを用いて徐々に削り取られる。不幸なことに、二酸化シリコンは殆どのUV波長（略200nmを除く）を吸収しないので、上記の加熱法を用いて間接的に除去しなければならない。赤外線平面パネル表示装置の修復市場において、レーザエネルギーは広範に用いられている。この市場で用いられる殆どの材料は、赤外波長を吸収する。しかし、クロムのような幾つかの材料、および幾つかのカラーフィルタ材料は緑色波長をより多く吸収

する。この市場においては、標的領域内の全ての材料を除去しなければならないし、また切断領域は通常は比較的大きく、 $5 \sim 40 \mu\text{m}$ である。

赤外波長はまた、半導体分析分野にも適用されている。一般に、シリコンは赤外エネルギーに対して透明である。その結果、赤外線を用いれば、緑色エネルギーで達成され得るよりも、下地シリコンに対する損傷を少なくして、金属配線を除去することが可能になる。緑色エネルギーを用いれば、切断された配線はシリコンの加熱によって基板に短絡する可能性がある。赤外線の場合には斯かる事態が生じることは少ないので、半導体欠陥分析について、赤外波長は緑色に対する優れた補完波長である。

以下の表には、共通の材料に対する幾つかの波長の特性がまとめられている。

1064 nm (赤外)	522 nm (緑色)	355 nm (紫外線)
I T O	I T O	窒化物
クロム	クロム	ポリイミド
カラーフィルタ	カラーフィルタ	
	二酸化シリコン	
	窒化物	
	ポリイミド (大切断)	
	S O G	
	多結晶シリコン	
	金	
	アルミニウム	
	タンゲステン	

しかしながら、従来技術では、一つのレーザシステムから二つの波長の光を与えることはできなかった。したがって、二以上の波長の光を供給できるブローブステーションまたはレーザ切断機には、二以上の別々のレーザシステムが用いられており、これは非常に大きく、使い易いものではなかった。例えば、従来技術による一つのシステムは、紫外線を供給するエキシマレーザと、二重 Y A G レーザ (doubled YAG laser) とを一つのブローブステーション上で組み合わせたものであった。その一例としては、何れもカリフォルニア州ガルデナ所在のフロロド

社(Florod Corp. of Gardena, California)が製造しているモデルLCM-308エキシマレーザ切断機アタッチメントと、モデルLCP緑色YAGレーザ切断機のレーザとを組み合わせたものが挙げられる。しかし、エキシマレーザは大きな嵩高い装置であり、しかもレーザエネルギーを顕微鏡の光学系に導くために複雑な波動ガイド管を必要とする。このシステムは非常に高価であり、また貴重な実験室空間を占領してしまう。

従って、プローブステーションまたはレーザ切断機と共に使用するための、経済的で寸法が小さく、且つ効率的な多波長レーザシステムが求められている。

〔発明の概要〕

本発明は、ベース機械と、試験される装置(DUT: device under test)を保持するために前記ベース機械にマウントされたチャックと、前記DUTのためのプローブをマウントするために前記ベース機械にマウントされたプローブテーブルと、前記ベース機械にマウントされ且つ前記チャック上のDUT上に視野を有する顕微鏡と、前記顕微鏡と共にマウントされた単一のレーザ装置とを具備したプローブステーションを提供する。この単一のレーザ装置は、ビームライン上にある前記顕微鏡の光学系を通して、前記顕微鏡の視野へ出力ビームを供給する。該レーザには、複数の波長で、前記ビームライン上に選択的に出力ビームを発生する光学系が含まれている。好ましい系には、固体レーザと、該固体レーザに結合された高調波発生器(harmonic generator)と、赤外領域、可視領域および紫外領域の二以上の選択可能な波長の中から出力波長を選択するための切替え可能な光学系とが含まれている。この態様における波長は、レーザの基本波長および一つの高調波の中から、またはレーザの複数の高調波の中から、或いはレーザの基本波長および複数の高調波の中から選択すればよい。加えて、このレーザシステムは、出力として選択可能な複数の波長について動作する可変減衰器を含んでいる。この可変減衰器は新規な半波プレートに基づいており、基本高調波、二次高調波、三次高調波および四次高調波について、実質的に半波相(half-wave phase)の遅延を与える。

本発明の一つの側面に従えば、レーザは、受動的に空冷され、電子光学的にQ

スイッチされるNd:YAGレーザを具備している。基本波長の少なくとも一つの高調波を発生するために、一以上の非線形光学系がビーム経路上にマウントされる。このレーザは、赤外領域（1064ナノメートル）、緑色領域（532ナノメートル）および紫外領域（355 ナノメートル、または266 ナノメートル）の出力を供給する、コンパクトで振動のない系を与える。これらの波長は、Nd:YAGレーザの基本出力波長、該レーザの二次高調波、並びに三次高調波または四次高調波に対応している。

可変減衰器は複数の波長のためのビーム経路におかれ、これによって使用者は、全ての出力波長の強さを制御することができる。最後に、切替可能な光学系がビーム経路に含まれており、基本波長および複数の高調波の中から出力ビームの波長を選択する。この切替可能な光学系によって、顕微鏡を通した同じビームラインに沿って、選択された出力とは独立の出力ビームの供給がもたらされる。

このシステムの出力として、該レーザシステムの基本出力波長を選択するのが望ましいときには、別の問題が発生する。特に、非線形光学系は基本波長のウォークオフ(walkoff)を起こすかも知れない。この態様においては、基本波長が選択されたときに該波長が顕微鏡を通してビームラインに供給されるように、ウォークオフを補償する光学系がビームラインに含まれる。

更に、好ましいレーザ系に従えば、切替可能な光学系には複数のフィルタが含まれており、この複数のフィルタは、その中から選択された一つのフィルタをビーム経路の中に切り替えるための機構の上にマウントされる。上記のように出力として基本波長が望ましいときには、基本波長を選択するために用いるフィルタを、ビーム経路に対して所定の角度でマウントしてウォークオフを補償する。プロブステーションで用いられるIR、可視光およびUVの複数の波長が、顕微鏡光学系を通して単一のビームラインに一致して供給され、また制御された減衰を受けることが極めて重要である。

本発明に従う可変減衰器は、出力ビームとして選択され得る全ての波長において減衰を与える。この可変減衰器は、ビーム経路の中に、複数の波長に向けられる半波プレート(half-wave plate)を含んでいる。偏光器が含まれており、また波プレート(wave plate)を回転させて複数の波長を減衰するための機構が含まれ

ている。この波プレートは、可能な出力として望ましい全ての波長で効率よく動作するように注意深く設計されなければならない。

本発明に従うレーザシステムは、コンパクトであり、振動がなく、また比較的安価である。本発明のレーザシステムに従う一つの構成は、受動的に空冷され、電子光学的にQスイッチされるNd:YAGレーザを具備しており、ビーム経路に沿って基本波長のビームを発生する。第一の非線形結晶がビーム経路にマウントされ、基本波長の二次高調波を発生する。第二の非線形結晶がビーム経路にマウントされ、基本波長の三次高調波および四次高調波のうち少なくとも一つを発生する。基本波長、二次高調波、並びに三次高調波および四次高調波の少なくとも一つのためのビーム経路に、可変減衰器がマウントされる。最後に、ビーム経路内の切替可能な光学系によって、基本波長、二次高調波、並びに三次高調波および四次高調波の少なくとも一つの中から、出力ビームの波長が選択される。本発明の二波長または三波長モードは、幅が6.25インチ、高さが12インチ、奥行きが5インチである。このシステムの重さは僅か8ポンドに過ぎない。

このコンパクトな寸法と、実施に際して振動がないことから、上記で述べたプローブステーション態様の代わりに、本発明によるレーザを顕微鏡にマウントすることにより、単純な多波長のレーザ切断機を形成することができる。

本発明に従うプローブステーションおよびレーザシステムは、半導体微細加工の設計検査および評価、欠陥分析、並びにLCD修復に応用するための精密な要件に適合する。ソリッドステートで振動がない空冷のシステムによって、操作の便利性、小さい寸法、優れた均一性および安定性が、単一の装置の中で、そぐわない特性(unmatched performance)と組み合わせられる。この多波長システムは、適用の範囲において最適な柔軟性を提供する。

本発明の他の側面および利点については、図面、以下の詳細な説明および請求の範囲を検討することによって理解できるであろう。

〔図面の簡単な説明〕

図1は、本発明による、多波長レーザを有する分析プローブステーションの斜視図である。

図 2 A および 2 B は、本発明の第一の実施例による多波長レーザのレイアウトを示している。

図 3 A および 3 B は、図 2 A、2 B および 4 の光学的レイアウトにおけるビーム経路の中へ、または該経路から外へとフィルタを移動するための機構を示している。

図 4 は、本発明に従う別のレーザ設計における光学的レイアウトを示している。

図 5 は、本発明による、多波長レーザをマウントした顕微鏡からなるレーザ切断システムの斜視図である。

〔詳細な説明〕

本発明の好ましい実施例を、図面を参照して詳細に説明する。図 1 は、多波長レーザをマウントした本発明によるプローブステーションを示している。

図 1 は、本発明による分析プローブステーションの単純化された図を提供している。分析プローブステーションの一つの重要な特徴は、貴重な実験室スペースを維持するためのコンパクトな寸法である。にもかかわらず、このステーションは広範なプロービング用途に適合された複雑な機械である。

このプローブステーションは、ベース機械 10（典型的には基本フレームを含む）、顕微鏡マウントブリッジ 11、X-Y 調節のための翻訳ステージ 12、プローブヘッド等のためのケーブル（図示せず）、チャックを回転させるための機構 13、および当該技術において公知の他の特徴からなっている。同図に示すように、ベース機械 10 には種々の制御手段、例えば特定用途のためのプローブステーションを形成するために用いる手段 14、15 が含まれている。

また、プローブステーションにはチャック 16 が含まれており、該チャックには、プローブ対象をチャック 16 に保持するための、典型的には磁気駆動または真空駆動のアタッチメントが付設されている。チャック 16 に隣接して、複数のプローブヘッド 18、19 を載置するためのテーブル 17 が設けられている。プローブヘッド 18 は、プローブ対象の上に延出したプローブ腕 20、21 に結合されている。

顕微鏡 22 は、顕微鏡ブリッジ 11 にマウントされる。この顕微鏡には、当該

技術で公知のように、複数の対物レンズ 23 が含まれている。典型的には、顕微鏡 22 は立体顕微鏡であり、その一例は、カリホルニア州シティオブインダストリーの MTI コーポレーションから入手可能なミツトヨ FS-60 (Mitutoyo FS-60) 顕微鏡である。

本発明に従えば、多波長レーザ 24 は顕微鏡 22 と共にマウントされる。この多波長レーザ 24 はコンパクトであり、顕微鏡の上にぴったり取り付けられるから、高価な実験室資源を浪費しない。多波長レーザ 24 は電源 25 に連結され、これによって出力ビームのパラメータを制御する。緊密な電氣的コード 26 が、電源 25 と多波長レーザ 24 との間に連結されている。このレーザは、顕微鏡のためのカメラポートにマウントされても良く、或いは幾つかの利用可能な顕微鏡の専用レーザポートにマウントされてもよい。そのビームは顕微鏡を通して導かれ、顕微鏡の対物レンズを通して視野へ放出される。このビームは、使用した対物レンズおよびレーザヘッドの利用可能なアパーチャの寸法によって決定される小領域に集光される。高出力対物レンズは、低出力対物レンズよりもビームをより小さい領域に集光し、多くの材料を溶融または蒸発させるために十分なエネルギー密度を生じる。倍率 100 倍の対物レンズは、倍率 50 倍の対物レンズの 4 倍のエネルギー密度を生じるであろう。倍率 20 倍の対物レンズは、倍率 50 倍の対物レンズの僅か 16% のエネルギー密度しか生じない。

顕微鏡は、一般的に可視光のために設計されており、従って、可視光レーザのエネルギーは最も容易に顕微鏡の光学系を透過する。多くの顕微鏡製造業者は、可視光に加えて近赤外エネルギーをも透過するような、顕微鏡の赤外バージョンを提供している。幾つかの顕微鏡製造業者は、可視光に加えて、近 UV エネルギーを透過する顕微鏡をも開発中である。

好ましい態様に従えば、この多波長レーザヘッドは、カメラアダプターを含めて、高さが略 12 インチ、幅が 6.25 インチ、奥行きが 5 インチである。このレーザヘッドは、受動的に空冷される Nd:YAG レーザ、基本波長の複数の高調波を生じるためにレーザのビーム経路に置かれた光学系、選択され得る全ての出力波長について動作可能な可変減衰器、およびスイッチの動作に際して出力波長を選択するために用いられる切替可能な光学系からなっている。このレーザシステ

ムは、電気光学的にQスイッチされ、1 Hzで連続的に動作するか、或いは要求に応じて単一ショットが発射される。複数の波長の全てが単一のビームラインに沿って顕微鏡光学系に供給され、これらは確実に、プローブステーションの対象の上に位置する顕微鏡の視野内に位置する。加えて、このレーザシステムには可変XYシャッタが含まれており、出力ビームは、対象DUTの上に制御された寸法の矩形の集光跡を有することになる。このレーザヘッドはインバール安定化共振器キャビティ(invar stabilized resonator cavity)を使用しており、その上にレーザ光学系がマウントされる。これによって、正常な動作条件下でのトラブルのない動作が保証される。フラッシュランプおよび電源は、ファンまたは他の能動的冷却機構を用いることなく、受動的に空冷される。これによってプローブステーションでの振動が防止されるが、このことは、サブミクロンの寸法であり得る半導体装置などをプロービングするためには極めて重要である。

好ましい態様におけるレーザシステム光学設計のレイアウトは、図2Aおよび2Bに記載されている。このレーザシステムには、電子光学的にQスイッチされたNd:YAGレーザ100、例えば、この出願の譲受人であるカリフォルニア州サンニバル(Sunnyvale, California)所在のニューウエーブリサーチInc. (New Wave Research Inc.)から入手可能な、市販のACLE-1空冷レーザが含まれている。このシステムには、インバールで安定化された、電子光学的にQスイッチされ受動的に空冷されるレーザ共振器が含まれている。レーザ100には、高反射鏡101、電子光学的Qスイッチ102、フラッシュランプでポンピングされたNd:YAGゲイン媒体103、および出力カブラー104が含まれている。レーザ100の出力は、ビーム経路105に沿って、レーザ100の基本出力波長の二次高調波を発生するための第一の非線形結晶106を通して供給される。好ましいシステムにおいて、この非線形結晶は、YAGレーザの1064ナノメートル線の周波数倍増のために調整されたKTPである。ビーム経路105に続いて、基本波長および二次高調波のための高反射鏡107がある。この鏡107は、ビーム経路を90°の角度に向けることによって、偏光器108を通してレーザ100の基本波長を再偏光させる。基本波長は、より効率的な減衰のために、倍増結晶106の後で再偏光される。再偏光された基本波長および周波数倍増成

は、次いでビーム経路 105 に沿って第二の非線形結晶 109 を通過する。第二の非線形結晶 109 は、好ましいシステムにおいて、基本波長の三次高調波および四次高調波を発生させるために用いられる。それは、この実施例では、三次高調波または四次高調波の発生のために調整されたホウ酸ベータバリウム BBO である。

基本波長、二次高調波ならびに第三または四次高調波は、次いで、ビーム経路 110 に沿って高反射鏡 111 に至る。該反射鏡は、基本波長、二次高調波、三次高調波および四次高調波において高度に反射性である。この鏡 111 はビームを 90° 曲げ、可変減衰器 112 を通過させる。

可変減衰器 112 は、多波長プレート 113 および方解石偏光素子 114 からなっている。これら二つの装置の相対的な角度位置は、レーザビームの減衰を制御するように、当該技術において公知の機構 115 を用いて制御される。

同定された四つの各波長で動作し得る多波長プレートは、問題の全ての波長の半波長の奇数倍に近い光学厚さを有していなければならない。略 0.77901mm の物理的厚さを有する光学等級の結晶性石英プレートは、基本波長、二次高調波、三次高調波、および四次高調波 (1064, 532, 355, 266nm) の夫々について、 e -波および o -波の約 80° の相対的位相遅延を与えることが分かった。これは、四次高調波である 266nm における 63rad オーダーの半波長に対応する。この相対的な位相遅延は、四つの波長の全てについて正確に半波長ではないが、十分に半波長に近いので、偏光器と組み合わせれば、四つの全ての波長において有効な減衰器が形成される。上記の実施例において、解放されたときの減衰器の透過率は、四次高調波に対して約 100%、三次高調波に対して約 99.4%、二次高調波に対して約 98.6%、基本波長に対して約 89.3% である。別の厚さの半波長プレートを用いても同様の結果を達成することができるが、二次、三次および四次高調波の低出力波長での透過率が高いことから、上記実施例の厚さが好ましい。例えば、厚さが約 0.0865 ミリメートルのとき、266 での透過率は約 100%、355 での透過率は 89%、532 での透過率は 100%、1064 での透過率は 62% である。厚さが約 0.3091 ミリメー

タのとき、266での透過率は約100%、355での透過率は98%、532での透過率は77%、1064での透過率は99%である。厚さが約0.5564ミリメートルのとき、

266での透過率は約100%、355での透過率は85%、532における透過率は87%、1064での透過率は96%である。厚さが約0.9274ミリメートルのときは、二次高調波では透明ではないが、五次高調波(213ナノメートル)での透過率は約100%であり、266での透過率は約100%、355での透過率は85%、1064での透過率は88%である。一枚の半波長プレートについては、厚いプレートに伴う熱の問題を回避するために、その厚さを約1ミリメートル未満に維持するのが望ましい。

可変減衰器112からの減衰されたビームは、切替可能なフィルタ機構116を通して経路105に供給される。切替可能なフィルタ機構には、該システムの出力波長を選択するために用いる複数のフィルタが装着されている。複数の波長選択フィルタのうちの一つをビーム経路へ移動させることによって、出力波長が選択される。

次いで、三次高調波または四次高調波を発生させるための非線形結晶109が高調波波長のウォークオフを生じ、約0.5ミリメートルだけビーム経路105からずれる。顕微鏡がマウントされたレーザシステムにおいて、全ての選択された波長について、出力ビームが同一のビームラインに沿って顕微鏡の視野の中に進まなければならない場合、このウォークオフは極めて重大である。

三次高調波または四次高調波を選択するために用いるフィルタ117を傾けることによって、このウォークオフは修正される。従って、三次高調波または四次高調波、並びに他の波長は、如何なる波長が選択されるかにかかわらず、ビーム経路105に沿って供給される。

二次高調波を発生させるために整列されたKTP結晶106は、無視し得る程度のウォークオフしか生じない。したがって、望ましい出力のために選択された傾斜カラーガラスフィルタを用いて、切替可能な光学系116により修正しなければならないウォークオフの主な原因は、BBO結晶109である。ビーム経路105において、次に配置されているのは拡大鏡118である。この拡大鏡は、ビームを約3ミリメートルの断面から約9ミリメートルの断面へと約3倍に拡大する

ために用いられる。これによって、以下に説明する制御可能なX-Yアパーチャ120に対してビームの断面を合致させることが可能になる。拡大鏡118を通過した後、ビームは経路105に沿って高反射鏡119に供給される。この反射

鏡119は、四つの選択可能な波長に対して反射性を有している。ビームは、反射鏡119で90°曲げられて、反射鏡150に入射する。反射鏡150は、高調波、該高調波の二次、三次および四次高調波において反射性である。また、上記の実施例において、反射鏡150は600ナノメートル以上では透過性であるから、150ワットの白熱ランプのような白色光源151からの白色光はビームラインへと透過し、照準ビームまたはスポットマーカとして働く。

反射鏡150はビーム経路を曲げ、X-Yアパーチャ120を通過させる。このX-Yアパーチャは、顕微鏡へ供給されるビームの断面を、正方形または矩形にするために用いられる。

ビームは、アパーチャ120からビームスプリッタ121へと通過する。ビームスプリッタ121は、出力系が選択可能な四つの全ての波長において、50%以上の透過性を有する。レーザシステムの出力は、次いで顕微鏡光学系の中に導入されるビームライン122上に供給され、また、図2Bに示すように、図2Aに対して直行する線上に供給されて、カメラアダプタ123に導かれる。顕微鏡の視野からの画像は、ビームスプリッタ121により反射されて、カメラアダプタ123内の反射鏡124に向かう。このカメラアダプタには、ビデオカメラまたは他の画像システムをこのアセンブリーに結合できるように、付属品125が含まれている。図2Aおよび2Bに示したレーザ設計は、本発明によるプローブステーションまたはレーザ切断機のためのスイッチのフリップを用いて、三つの選択可能な出力波長を提供することができる。非線形結晶109を動かして三次高調波または四次高調波を選択することにより、このレーザシステムは、赤外領域の基本出力波長、可視領域の二次高調波または紫外領域の三次高調波を選択し、或いは赤外領域の基本出力波長、可視領域の二次高調波または紫外領域の四次高調波を選択するように適用することができる。

可変減衰器112および切替え可能な光学系116は、多波長レーザシステム

に伴う問題、即ち、ブロープステーションまたはレーザ切断機の過酷な基準に従って、制御された減衰出力を単一のビーム上に供給しなければならないという問題を克服するために特別に設計されている。

減衰器 1 1 2 並びに高反射鏡 1 1 1、1 1 9 および 1 5 0 を含む光学系は、可

能な四つの波長全てについて機能するので、結晶 1 0 9 に対して直列にもう一つの非線形結晶を挿入することによって、図 2 A のレーザシステムは 4 波長システムにまで拡大することができる。ビームにおけるウオークオフの何らかの変化は、先に述べたように、フィルタの傾きを調節することによって補償される。

本発明による切替可能な光学系の単純化した図面が、図 3 A および図 3 B に与えられており、これらの図面は、複数のフィルタ 2 0 1、2 0 2、2 0 3 および 2 0 4 が装着されるホイール 2 0 0 を例示している。夫々のフィルタは、特定の出力波長を選択するように設計されたカラーガラスフィルタからなっている。或いは、ホイール上の複数のフィルタは、同じ波長を選択するが、該波長の異なった量の減衰を与えるものであってもよい。従って、フィルタ 2 0 1 および 2 0 2 は、高調波のうちの三次高調波および二次高調波を夫々選択してもよい。フィルタ 2 0 3 および 2 0 4 は、夫々 70% 減衰および 50% 減衰された基本波長を選択してもよい。ホイールは、必要に応じて多くのフィルタを保持するように拡大することができる。また、種々の効果を達成するために、2 以上のホイールを直列に用いてもよい。

ウオークオフを修正するために、三次高調波または四次高調波を選択するフィルタ 2 0 1 は、傾斜してマウントされる。図 3 B は、ホイール 2 0 0 を含む選択可能な光学機構の側面図である。ホイール 2 0 0 には、フィルタの位置を選択するためのモータ 2 1 0 が装着されている。フィルタ 2 0 2、2 0 3 および 2 0 4 は、適切なフィルタがビーム経路 1 0 5 にあるときに、基本波長および二次高調波を真直ぐに通過させるように平坦にマウントされる。しかしながら、フィルタ 2 0 1 は、三次または四次高調波のウオークオフ 2 0 5 を補償するように、経路 2 0 6 上に傾斜してマウントされる。好ましいシステムにおいては、三次高調波を発生させるために調整された B B O 結晶により生じるウオークオフを補償する

ために、2.5ミリメートルの厚さを有し、略18°に傾斜したカラーガラスフィルタが用いられる。BBO結晶が四次高調波のために調整されるときは、当該フィルタの傾斜角度は略20°である。

紫外領域の出力波長(355または266 ナノメートル)を供給するように設計されたシステムの場合、殆どの商業的な顕微鏡の光学系をUV透過性の光学系に置き換

えなければならない。従って、ミットヨ(Mitutoyo)FS-60顕微鏡には、問題の全ての波長を透過する溶融シリカ製のビームスプリッタプリズムおよびズームレンズアタッチメントを取り付けなければならない。UVを透過する対物レンズは、ミットヨ顕微鏡の製造業者から商業的に入手可能である。

KTP結晶およびBBO結晶は、当該技術分野で公知の広範な非線形結晶に置き換えてもよい。しかし、KTPは、Nd:YAGレーザの1064ナノメートル線を周波数倍増するために極めて効果的である。また、この倍増は殆ど90°の調節で生じるから、ウォークオフを無視できる。BBO結晶は、三次または四次高調波の発生に用いられる。

図4は、選択される高調波の波長の二次および三次高調波を発生する、レーザシステムの別のレイアウトを示している。このシステムにおいて、図2Aの実施例で用いたのと同様の部品には同じ参照番号を付し、ここで再度説明することはない。

図から理解できるように、このレイアウトは、再偏光器108が省略されている点を除けば、図2Aに示したものと同様である。減衰器112には、二つの選択可能な波長で動作することのみが要求される。また、先に述べたように、結晶109を動かして、三次高調波または四次高調波の何れかを発生させることができる。

この実施例におけるスポットマーカ151もまた、白色光現である。しかし、当該技術分野で公知のように、このスポットマーカは、レーザダイオードまたは他の照準ビーム技術で置き換えてもよい。

図5は、顕微鏡300、および、顕微鏡ベース302にマウントされたステージ301を含む単純レーザ切断機の機構に装着された本発明のシステムにしたが

う多波長レーザシステムを示している。顕微鏡300は、レーザ切断操作の対象304上に視野303を有している。ステージ301は、レーザ切断操作の対象304の位置を制御するための精巧なXおよびYマイクロメータステージ305、306を備えている。

多波長レーザ307は、ビームライン308上のレーザの視野303に、選択可能な出力波長を供給する。上記のようにシステムの動作中にレーザ307の出

力波長が変わっても、このビームライン308は変わらない。この顕微鏡300には複数の対物レンズ310、311および312が含まれており、これら全ての対物レンズは、多波長レーザ307によって発生される複数の波長を通過させるように適合されている。更に、プリズム等を含むこの顕微鏡光学系は、レーザシステムによって選択された複数の波長の全てにおいて透過性である。

レーザシステム307の大きさがコンパクトであることは、上記で述べたように、プローブステーションまたはレーザ切断機にとって非常に重要である。多波長レーザ307は、図5に示すように、顕微鏡の上に装着するために十分に小さく、出力波長が確実に単一のビームライン308に沿って発生するように十分に安定であり、また十分に軽いから顕微鏡の集光機構を転覆させない。更に、このレーザシステムは、複数の波長を発生させるために、貴重な実験室空間を使用しない。

加えて、多波長レーザ307は、コンパクトで安定な多波長システムを必要とする他の種々の状況にも適用することができる。一つのレーザおよび特別に設計された光学系を用いて、制御され減衰された複数の出力を単一のビームラインに沿って与えるという独特の能力によって、従来の多波長システムでは費用が高く且つ大きいために以前は利用できなかったような種々の環境においても、多波長レーザを応用することが可能になる。

従って、本発明は、独立型の顕微鏡またはプローブステーションに装着するように設計された、空冷のパルス化されたNd:YAGレーザを提供する。分析プローブステーションにマウントされると、このシステムは、半導体設計保証および欠陥分析に適用するための独特のフレキシビリティを与える。独立型のレー

ザ切断機システムにおいて、このレーザは、それ自身のスタンドおよびX-Yステージと共に顕微鏡にマウントされることにより、標準のプローステーションにアクセスしていたよりも遥かに多くの技術者に対して利用可能とすることができる。

このシステムは、電子-光学的Qスイッチ、多波長での動作、ファンを用いない動作、およびコンパクトな大きさを含む多くの進んだ特徴を提供する。出力は安定で且つ反復可能であり、これによって正確な切断が保証され、また大きく且

つ均一な切断が可能になる。インバールで安定化された共振子構造によって温度安定性が改善される。これは、レーザシステムを温度変化に対してより耐性とし、またより広い温度範囲に亘って一定のエネルギーを得ることを可能にする。

好ましい実施例における電子-光学的Qスイッチは、ポッケル・セル(Pockel cell)および偏光器にKDP結晶を用いる。これによって、ゲイン媒体からのエネルギーバーストを正確に制御することが可能になる。独特の半波プレートおよび可変減衰器の誘電体偏光器は、熱集積、変形、およびエネルギー変動を受けない。これは、低コストの減衰器によって実現され得る。また、これらは、このレーザシステムによって発生される出力波長の全スペクトルにわたる減衰を提供する。

本発明は、まず第一に、プローステーションまたはレーザ切断機に、赤外領域、可視領域および紫外領域から選択され得る出力を生じるような単一のレーザをマウントする能力を提供する。この出力は、正確に制御された減衰によって入手可能であり、堅実な動作を得るために、顕微鏡を通した単一のビームラインに沿って進む。大きさがコンパクトであること、および空冷されるという特徴は、実験室スペースが高価であり、また振動が耐えられないようなプローステーションの環境には理想的に適している。

本発明の好ましい実施例に関する上記の説明は、例示および説明の目的で提示されたものである。開示された正確な形に本発明を限定することは意図されていない。明らかに、当業者には多くの改良および変更が明白であろう。本発明の範囲は、後記の請求の範囲の記載およびその均等物によって決定されるべきもので

ある。

【図1】

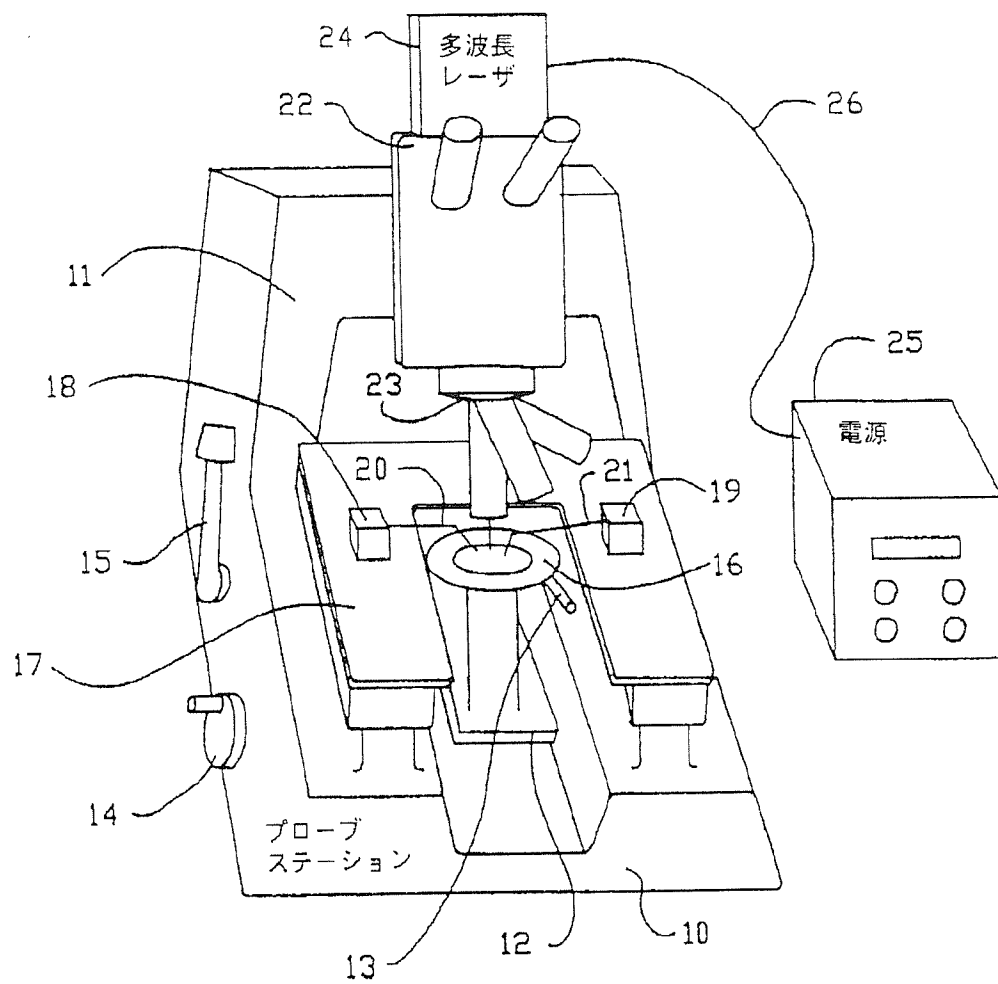
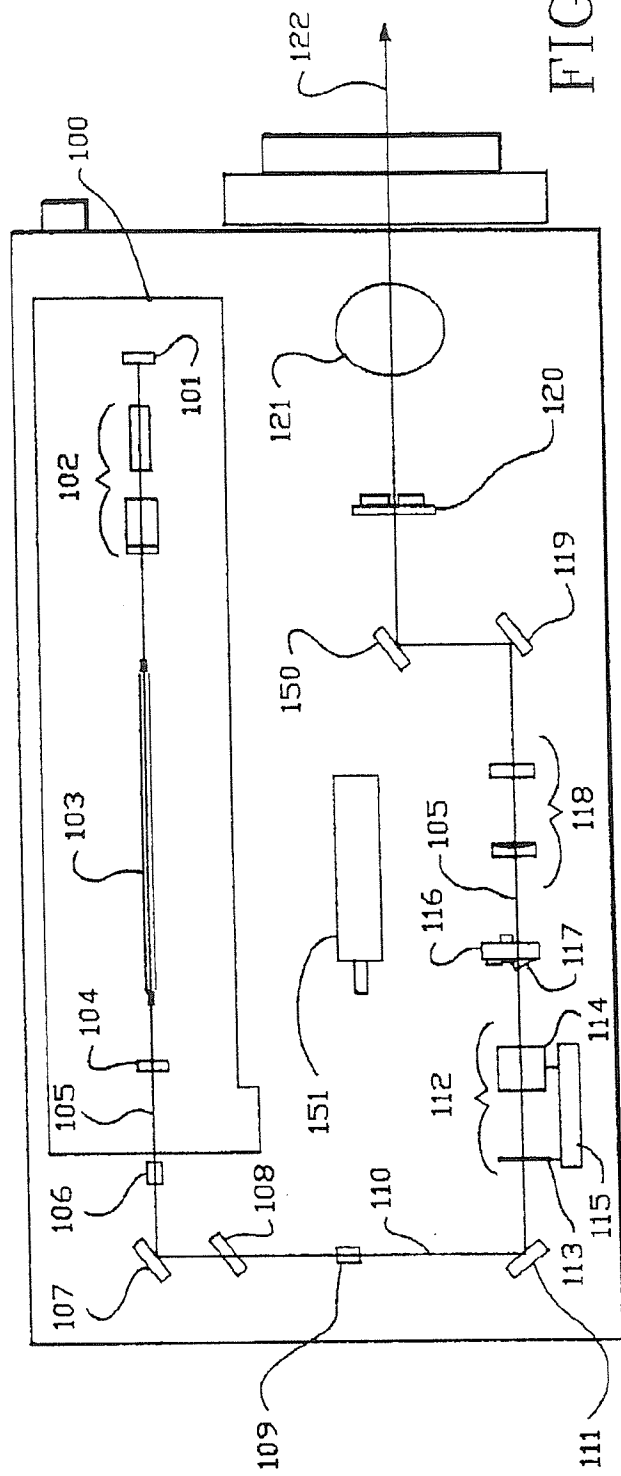
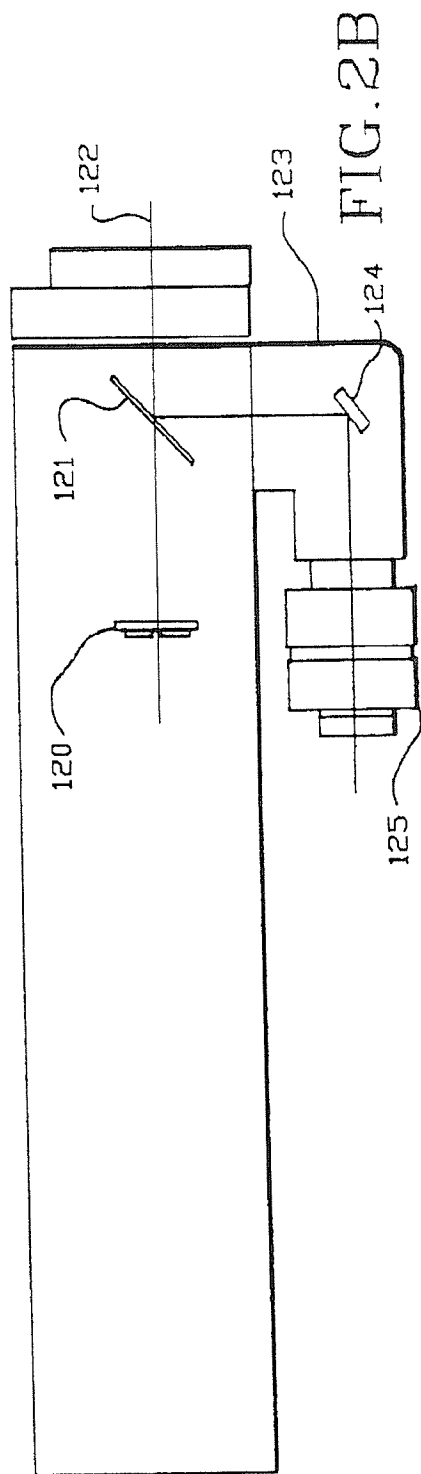


FIG.-1





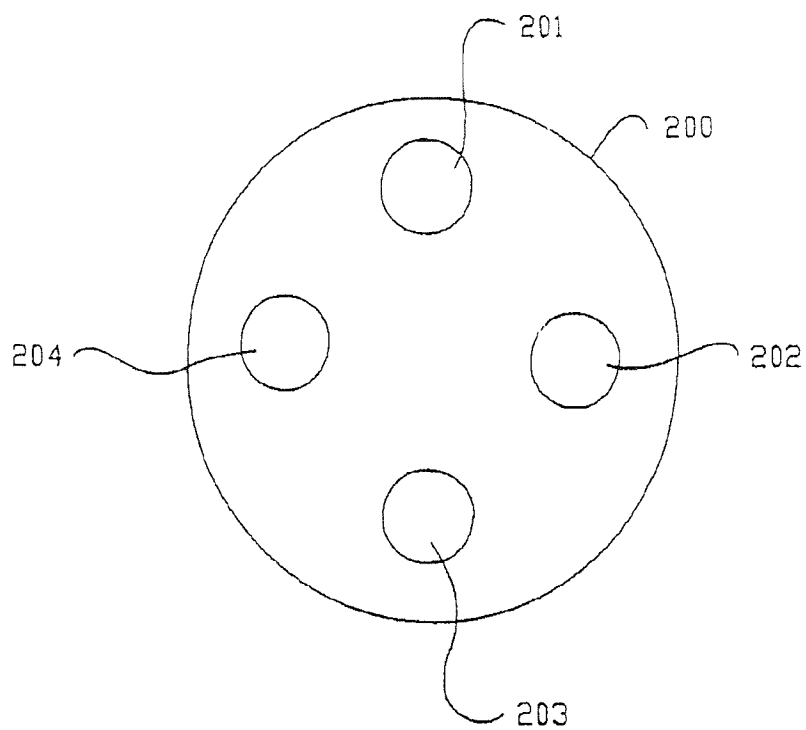


FIG. 3A

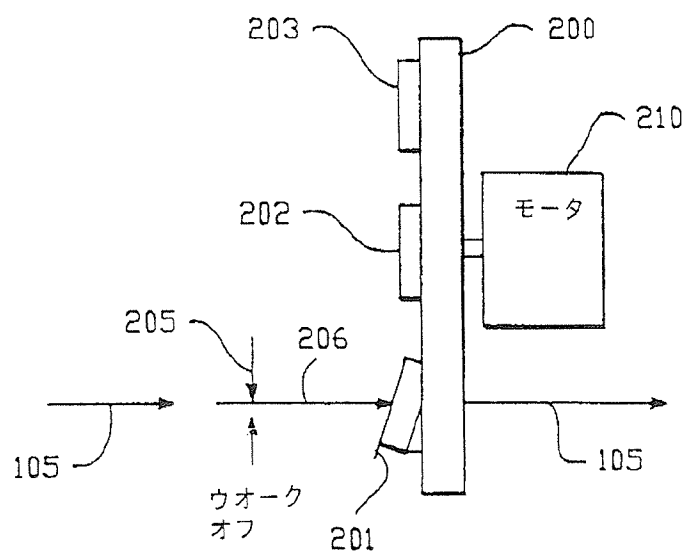


FIG. 3B

【図5】

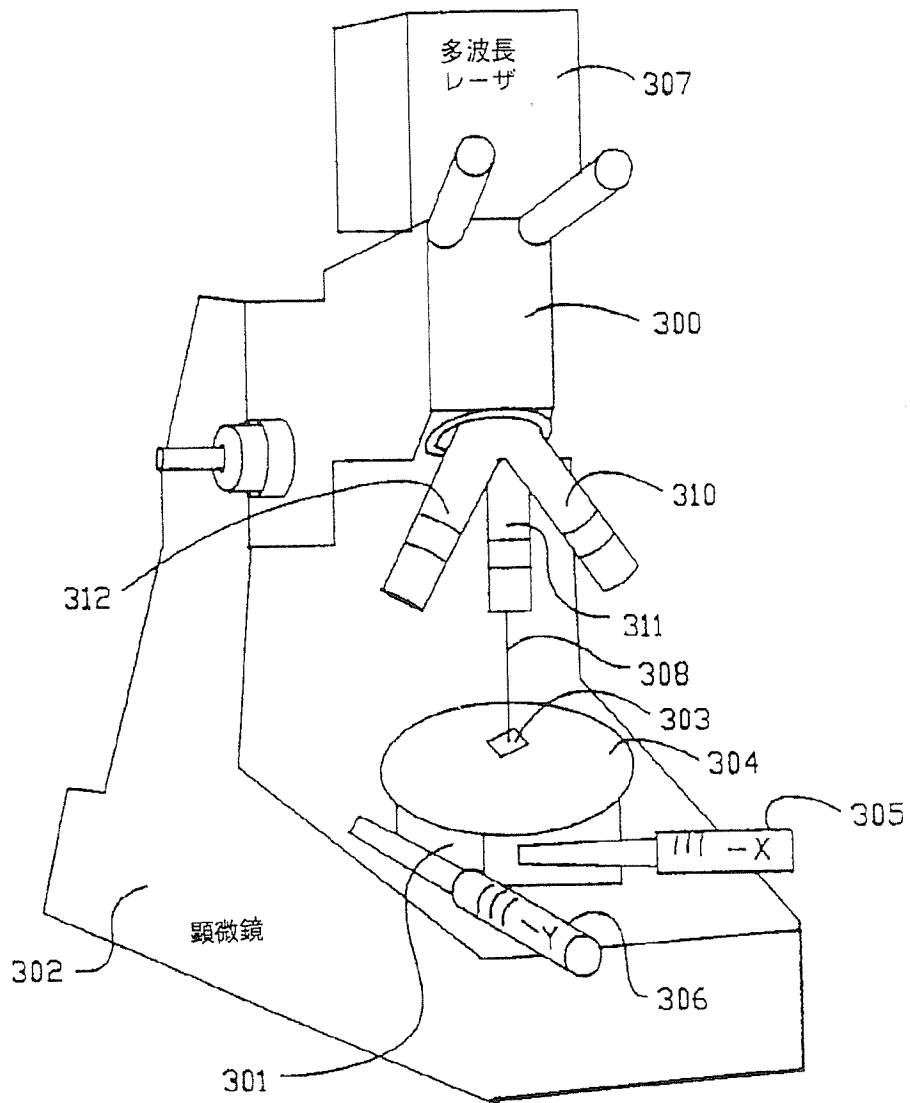


FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US95/01731

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(6) : B23K 26/06 US CL : 219/121-6; 359/328 ; 372/22 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : Please See Extra Sheet. Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) NONE		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, A, 5-192779, (YAHAGI) 03 August 1993, see entire document	1-4, 6-15, 18-27, 30-31 ;
Y	US, A, 5,144,630 (LIN) 01 September 1992, see entire document	2,4,6,10,19,20,22-24
Y	US, A, 5,151,909 (DAVENPORT ET AL) 29 September 1992, see entire document	3, 6-9, 12-15, 18, 21, 25, 26, 27
X --P Y	US, A, 5,341,236 (STAPPAERTS) 23 August 1994, see entire document	5 ---- 30, 31
A	US, A, 5,231,263 (KUWABARA ET AL) 27 July 1993, see entire document	1-31
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: 'A' documents defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance 'E' earlier document published on or after the international filing date 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed 'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to underpin the principle or theory underlying the invention 'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone 'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art 'Z' document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 MAY 1995		Date of mailing of the international search report 14 JUN 1995
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer Geoffrey Evans Telephone No. (703) 308-1653

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US95/01731

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US,A, 4,182,024 (COMETTA) 08 January 1980, see entire document	1-31
A	US,A, 4,141,456 (HART) 27 February 1979, see entire document	1-4,6-11

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet)(July 1992)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US95/01731

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched

Classification System: U.S.

319/121.6, 121.61, 121.68, 121.69, 121.73, 121.74, 121.75, 121.77, 121.83; 359/328, 329 ; 372/21, 22, 23

フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	
H O 1 S 3/00		8102-2 K	H O 1 S 3/109	
3/109		9509-2 G	G O 1 R 31/28	K
(72) 発明者	ハーブスト	リチャード	リンズリー	
	アメリカ合衆国	カリフォルニア州		
94303	パロ	アルト	グローヴ	アベニ
ュー	3915			